

# MODUS-COVID Bericht vom 03.07.2020

Sebastian Alexander Müller<sup>1</sup>, William Charlton<sup>1</sup>, Natasa Djurdjevac Conrad<sup>2</sup>, Ricardo Ewert<sup>1</sup>, Christian Rakow<sup>1</sup>, Tilmann Schlenther<sup>1</sup>, Frank Schlosser<sup>3</sup>, Dirk Brockmann<sup>3</sup>, Tim Conrad<sup>2</sup>, Kai Nagel<sup>1</sup>, Christof Schütte<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Verkehrssystemplanung und Verkehrstelematik ("VSP"), TU Berlin,

[nagel@vsp.tu-berlin.de](mailto:nagel@vsp.tu-berlin.de)

<sup>2</sup>Zuse-Institut Berlin ("ZIB")

<sup>3</sup>Research on Complex Systems ("ROCS"), Robert-Koch-Institut & HU Berlin

Available online via TU Berlin repository: <http://dx.doi.org/10.14279/depositonce-10373>

Date of this version: 03-july-2020

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Website: <https://covid-sim.info>

**Bericht an das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  
vom 03.07.2020:**

## Status

Die Resultate der letzten Wochen beruhen auf Simulation mit einem sogenannten agentenbasierten Modell (ABM). Seit dem letzten Bericht haben wir angefangen, uns mit unterschiedlichen Gruppengrößen und deren Zusammenhang mit sogenannten Super-Spreaders zu beschäftigen, sowie mit dem Einfluss der Verlagerung von Aktivitäten nach draußen während des Sommers. Mit diesen Untersuchungen sind wir aber noch nicht weit genug, um entsprechende Resultate zu berichten. Bestenfalls können wir sagen, dass der reine Effekt der Verlagerung nach draußen (also ohne zusätzliche potenzielle Saisonalität des Virus und/oder unserer Immunsysteme) in einer ähnlichen Größenordnung liegt wie andere "typische" Maßnahmen wie "Reduktion der Freizeitaktivitäten um 50%" oder "Schließung aller Schulen". D. h. für sich genommen dürfte der Effekt nicht entscheidend sein, aber in der Summe der Beiträge dürfte er dennoch eine relevante Rolle spielen.

## Analyse des ABM-Ansatzes sowie realer Daten durch gleichungsbasierte Modelle

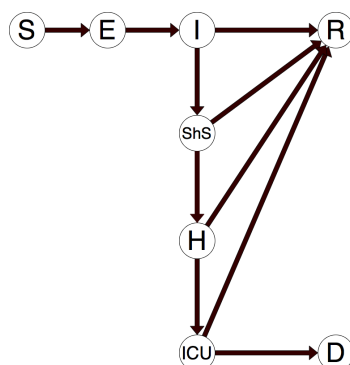
Neben dem o.g. ABM-Ansatz arbeiten wir auch an gleichungsbasierten Modellen. Diese haben den Vorteil, dass sie sehr viel schneller rechnen; wir versprechen uns davon z.B., dass wir viele Bundesländer oder Landkreise gleichzeitig simulieren können. In einem der

vergangenen Berichte haben wir ein solches Modell vorgestellt, das auf dem zurzeit oft in Verbindung mit der Modellierung von Covid-19 genannten SIR-Modell aufbaut und über zeitabhängige Infektionsraten verfügte. In jenem Bericht haben wir dargestellt, wie die Parameter des Modells aus Daten über die Erkrankungsstatistik geschätzt werden können und insbesondere, wie die dabei verbleibende Unsicherheit der Parameterschätzung zu einer Unsicherheit der Vorhersage führt. In diesem Bericht wird über ein etwas umfangreicheres Modell berichtet, das keine zeitabhängigen Parameter enthält, dafür aber andere Vorteile hat.

In einem SIR-Modell wird eine Population einer Stadt, eines Bundeslandes oder eines Staates in disjunkte Gruppen eingeteilt: Die der noch nicht mit SARS-CoV-2 Infizierten (= **S**usceptible); die der Infizierten und Ansteckenden (= **I**nfectious); die derer, die sich erholt haben (= **R**ecovered) und, im Fall von SIRD, die derer, die nach einer Erkrankung gestorben sind (= **D**eceased).

Dieses einfache Modell erreicht schnell seine Grenzen. Wir haben es um einige Gruppen erweitert, allerdings mit dem Ziel einer nicht zu detaillierten Aufteilung. Zuerst teilen wir, analog dem Vorgehen im ABM, die Infizierten weiter auf: es gibt jetzt die Gruppe derer, die schon infiziert, aber noch nicht ansteckend sind (= **E**xposed), und die derer, die ansteckend sind und Symptome zeigen (= **S**howing **S**ymptoms).

Unser Modell hat jetzt also fünf Gruppen. Dann erweitern wir es noch um die Krankenhausfälle: Ein bestimmter Anteil derer, die Symptome zeigen, müssen ins Krankenhaus (= **H**ospital; im ABM "seriously sick" genannt). Von denen müssen wiederum einige auf die Intensivstation (= **I**CU; im ABM "critical" genannt). Das gesamte Modell sieht also folgendermaßen aus:



$$\frac{dS}{dt} = -k_E \frac{SI}{N} \quad (1)$$

$$\frac{dE}{dt} = k_E \frac{SI}{N} - k_I E \quad (2)$$

$$\frac{dI}{dt} = k_I E - k_R I - k_{ShS} I \quad (3)$$

$$\frac{dShS}{dt} = k_{ShS} I - k_R ShS - k_H ShS \quad (4)$$

$$\frac{dH}{dt} = k_H ShS - k_R H - k_{ICU} H \quad (5)$$

$$\frac{dICU}{dt} = k_{ICU} H - k_R ICU - k_D ICU \quad (6)$$

$$\frac{dD}{dt} = k_D ICU \quad (7)$$

$$\frac{dR}{dt} = k_R I + k_R ShS + k_R H + k_R ICU \quad (8)$$

Die Parameter des Modells sind dementsprechend die folgenden Raten:

- die Infektionsrate **k<sub>E</sub>**
- die Rate, mit der man ansteckend wird, **k<sub>I</sub>**
- die Rate, mit der man anfängt, Symptome zu zeigen, **k<sub>ShS</sub>**
- die Hospitalisierungsrate **k<sub>H</sub>**
- die Rate, mit der man auf die Intensivstation verlegt wird, **k<sub>ICU</sub>**
- die Mortalitätsrate **k<sub>D</sub>**
- die Genesungsrate **k<sub>R</sub>**

Diese Parameter sind im Vorfeld nicht bekannt, können aber mithilfe mathematischer Methoden geschätzt werden (und werden derzeit, im ABM, aus der Literatur genommen, und passen somit nicht notwendigerweise speziell für die jeweilige Situation im Bundesland). Dafür braucht man Daten (in diesem Fall, Fallzahlen von Covid-19-Patienten). Theoretisch ergibt jeder Datensatz andere Parameter. Das Ziel ist es nun, Daten von verschiedenen Lockdown-Szenarien zu benutzen, um die Parameter zu schätzen.

**Wichtig:** Die meisten Parameter sollten sich theoretisch nicht verändern, denn sie beschreiben Übergänge, die unabhängig von den Lockdown-Maßnahmen sind, z.B. die Genesungsrate (Patienten sollten sich nicht schneller erholen, nur weil jetzt eine Maskenpflicht gilt). Die einzige Rate, die sich verändern sollte, ist die Infektionsrate  $k_E$ . Das optimistische Ziel ist, dass wir für verschiedene Lockdown-Maßnahmen unterschiedliche Werte für  $k_E$  bekommen und daraufhin herausfinden, ob sich bestimmte Maßnahmen additiv verhalten oder nicht.

Wir hoffen, durch weitere Forschungsaktivitäten zeigen zu können, dass (A) die Werte des Parameter  $k_E$  in einer Form von den verschiedenen Lockdown-Szenarien abhängen, die man mit geeigneten Methoden des maschinellen Lernens reproduzieren kann (ähnlich den "Zusätzlichen Reduktionen von R", die wir beim letzten Mal berichtet haben), und dass (B) die Unsicherheiten der Parameterwerte nicht so groß sind, dass sie die Funktionsapproximation aus (A) unmöglich machen. Sollte das gelingen, dann hätte man die Möglichkeit, für eine gegebene zeitliche Abfolge von Lockdown-Szenarien durch entsprechende (dann zeitabhängige) Wahl des Parameters  $k_E$  eine auf dem obigen Modell basierende Vorhersage der Erkrankungsstatistik zu erstellen, die dann sehr viel einfacher zu berechnen wäre als derzeit mit dem ABM. Das wiederum würde ein Policy-Design für Lockdown-Maßnahmen möglich machen. Diese Möglichkeit soll in den kommenden Wochen exploriert werden.